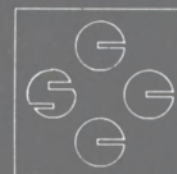


III CONGRESO IBEROAMERICANO DE
EDUCACION SUPERIOR EN COMPUTACIÓN
Concepción, Chile, 2 de Noviembre de 1994



SOCIEDAD CHILENA DE
CIENCIA DE LA COMPUTACIÓN



PRINCIPIOS PARA LA SECTORIZACION EDUCATIVA DEL UNIVERSO INFORMATICO

por Fernando Sáez Vacas

Dpto. de Ingeniería de Sistemas Telemáticos, UPM

RESUMEN. Como consecuencia del empuje de la ciencia y la técnica informáticas y su aplicación a todos los campos de la actividad humana, se ha producido un desfase en los contenidos y el sentido de los currículos educativos que hoy forma parte de la que ya se llama crisis informática. En este trabajo se presenta un modelo de cuatro grandes sectores curriculares que podrían absorber razonablemente las líneas básicas del diseño de currículos mejor adaptados a la rápida evolución del universo informático y clarificar algunos puntos confusos del actual debate sobre la educación informática.

El debate

La informática es hoy un conjunto muy amplio, evolutivo, universal, confuso, multidisciplinar, y socialmente instrumental, de disciplinas, saberes y prácticas que giran en torno a la información y su tratamiento por computadores.

Organizar este conjunto en forma de paquetes educativos adaptados a los tiempos es un problema difícil y controvertido, pero extremadamente importante. Periódicamente es objeto de debate y polémica por parte de la comunidad académica.

En los últimos años han contribuido, entre otros, Dijkstra (1989), copiosamente replicado en la revista Communications of the A.C.M., Parnas (1990), Gries, Naur, Gottlieb, Wirth, y otros muchos con interesantes discusiones acerca de las esencias de la informática, algunas de éstas mantenidas en el "workshop" sobre "Informatics Curricula for the 1990s", organizado por el Working Group 3.2 de IFIP. El propio autor participó con un "short paper", (Sáez Vacas, 1990). Los encontrados puntos de vista sobre la pertinencia de un currículo de ingeniería del software diferenciado de la informática también han captado mucha atención en artículos y workshops.

Los últimos hechos notables tras todos estos intercambios de ideas han sido la publicación de las recomendaciones curriculares de las asociaciones profesionales Association for Computing Machinery y Computer Society del Institute of Electrical and Electronic Engineers, a finales de 1991 (ACM/IEEE-CS, 1991), del informe para el Planteamiento del Alcance y las Orientaciones de la Informática y la Tecnología, en 1992 (National Research Council, 1992), (Hartmanis, 1992), y la secuela de opiniones que estas dos importantes publicaciones han traído consigo. El informe coordinado por Hartmanis es

especialmente crítico con la falta de adaptación de los currículos vigentes y de los departamentos universitarios de informática a las necesidades sociales. Denning es otro educador e investigador que se ha mostrado especialmente activo en este campo, primero diseñando las pautas educativas de la informática (Denning et al., 1989) y después encabezando el movimiento de críticas y el diseño de nuevos planteamientos (Denning, 1991, 1992, 1993).

El autor lleva desde antes de 1990 participando activamente en este mismo bulle-bulle de ideas, con aportaciones que se resumen bien en la propuesta de los siguientes tres elementos para renovar el diseño e implantación de currículos informáticos: a) un concepto sociotécnico de la tecnología, b) una arquitectura de contenidos curriculares formada por tres dominios, y c) una herramienta docente para definir el perfil del titulado. El lector interesado puede consultar los pormenores de tal propuesta en (Sáez Vacas, 1992), así como conocer las referencias de otros trabajos previos del autor.

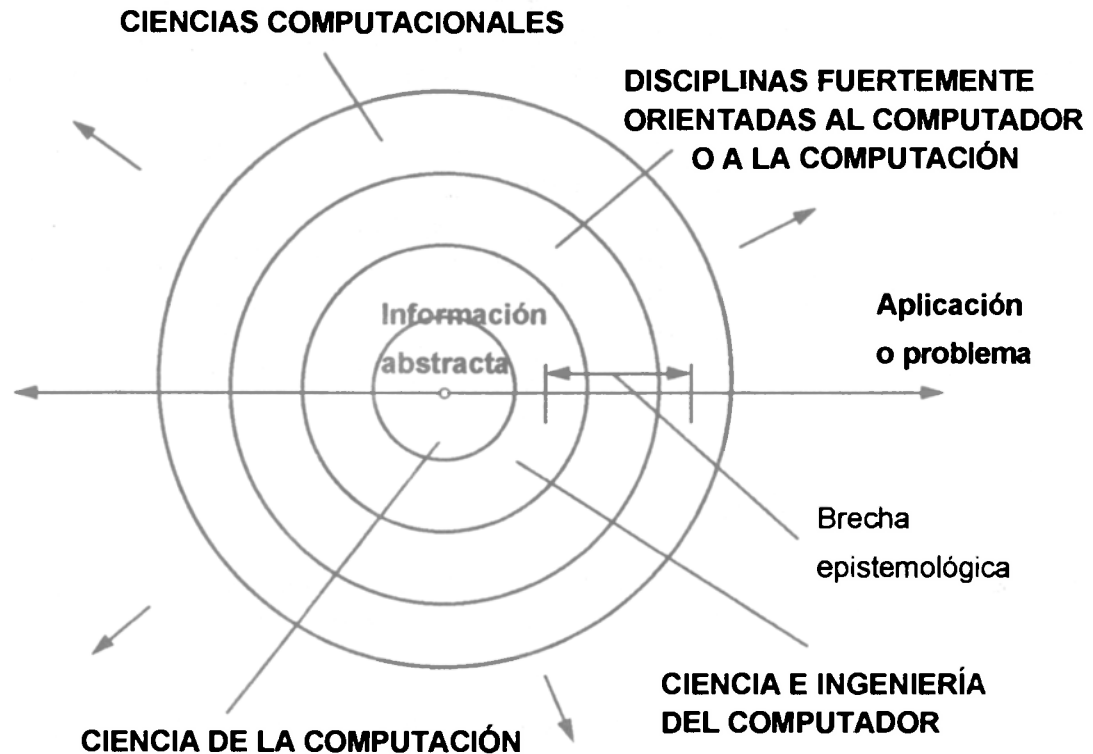
Modelo de cuatro capas

En línea complementaria con esta última propuesta mencionada, se presenta aquí un modelo conceptual que ordena -normativamente, aunque coherentemente con la evolución real del fenómeno informático- las principales capas (o sectores) educativas informáticas en forma de un diagrama expansivo, que parte desde un origen fundamentalmente orientado a la computación en su forma general y más abstracta hasta los ámbitos de aplicación más concreta. Intentamos recoger metafóricamente con un diagrama la idea de un conjunto de objetos que crece y crece ocupando todas las actividades sociales, lo que es lo mismo que decir que el diagrama expresa la extensión educativa de dicha ocupación. El problema es que en la práctica crece desordenadamente.

Cualquiera de los ejes radiales que tracemos desde el centro del diagrama atraviesa zonas correspondientes a **distintos núcleos de interés** de las disciplinas educativas representadas. El diagrama contiene **cuatro capas** que definen macrocópicamente grandes sectores educativos hoy día suficientemente diferenciables, que podríamos llamar a) Ciencia de la Computación (Computing Science); b) Ciencia e Ingeniería de Computadores (Computer Science and Engineering, CS&E), c) Disciplinas fuertemente orientadas al Computador o a la Computación (Strongly Computer or Computing Oriented Disciplines); y d) Ciencias o Disciplinas Computacionales o Informatizadas (Computational Sciences or Disciplines). (Obsérvese que el término "Informática", por demasiado general, no encaja bien en este desglose).

Cada capa tiene un núcleo fundamental de interés, un objetivo educativo prioritario o radical, que determina la selección y ordenación de los contenidos, y como resultante produce una "cultura" o ecología mental característica en sus estudiantes y titulados, que los capacita para

comprender, resolver e interesarse por un grupo diferenciado de problemas y situaciones (y por contraste, los incapacita, al menos inicialmente para los que caen fuera de este grupo). Constituye un sistema de conocimientos y valores que alimentan y dan sentido a sus acciones.



La **Ciencia de la Computación** se ocupa de las cuestiones abstractas relacionadas con la información y su tratamiento: computación en sentido estricto. Es sector que deriva primordialmente de la Matemática, de la que podría derivarse como una rama en los currículos universitarios.

La **Ciencia e Ingeniería de Computadores** comprende todo lo relacionado con el computador y sus sistemas de hardware y software. Como sector puede producir varios tipos de estudios, unos versión científica (ciencia), otros versión ingeniería, y con diversas orientaciones profesionales: fabricación, diseño, mantenimiento, etc, u otros criterios (Ver "tracks" en las recomendaciones curriculares de 1991 de ACM-IEEE-CS).

Desplazándonos hacia las zonas exteriores del diagrama nos encontramos con una zona en la que las técnicas informáticas tienen un peso importantísimo e incluso esencial, pero se organizan instrumentalmente al

servicio de una finalidad aplicativa o centro de interés mayor y prioritario. Encontramos aquí las **Disciplinas fuertemente orientadas al Computador o a la Computación**, entre las que podemos citar a título de ejemplo la Infografía (Computer Graphics), la Telemática (Telematics), la Inteligencia Artificial (Artificial Intelligence), el Tratamiento de Señal (Signal Processing), la Interacción Hombre- Computador (Human Computer Interaction), etcétera.

Siguiendo el sentido de desplazamiento hacia las zonas en las que prevalece el criterio de usabilidad y donde las técnicas de las capas interiores adquieren un rol decididamente instrumental, nos encontramos con las que llamaré ahora **Ciencias o Disciplinas Computacionales (Informatizadas)** (en plural, por extensión de la terminología recientemente acuñada en USA, Computational Science). Educativamente, comprendemos aquí los programas de conversión de las diversas ciencias (Química, Física, Biología, Medicina, etc) no informáticas a la nueva herramienta informática. Incluimos en este sector también a los Sistemas de Información de Empresa, Ofimática, Informática Organizativa (Organisational Computing, reciente acuñación en inglés, y otras denominaciones de currículos que desarrollan la aplicación de los computadores a los problemas de la economía y de la empresa.

Brecha epistemológica

Desde un punto de vista social son las capas exteriores las que requerirían ser más nutridas en cualquier sistema educativo ya ahora y con mayor razón en el futuro previsible.

Hoy no es así, y ésta es una circunstancia muy distorsionante por causa de la **brecha epistemológica** que separa muchas veces la ecología mental del individuo concreto ante determinado problema y la que correspondería plenamente aplicar en dicha situación. Puede visualizarse gráficamente este concepto en el diagrama anterior por la distancia "geométrica" sobre el eje radial entre la capa de estudios cursados y la capa donde el individuo ejerce su acción técnica o profesional. Rendimientos óptimos se obtienen teóricamente cuando dicha distancia tiende a cero y disminuyen hasta poder hacerse negativos cuando crece la brecha epistemológica. Un caso muy frecuente de esta última posibilidad sucede cuando el egresado de unos estudios de Computer Science entra a trabajar en el departamento de informática (casi siempre dedicado al procesamiento de datos, hoy tal vez a la informática organizativa) en una empresa, donde tal vez nunca llega a entender bien y mucho menos a asimilar la subsidiariedad de las técnicas informáticas con respecto a los planteamientos económicos. Por desgracia, numerosas variantes de esta última situación son habituales, lo que explica la sensación de fracaso y desacoplamiento social de muchos titulados informáticos. En (Sáez Vacas, 1992) se describe extensamente esta situación.

Ultimamente, se han alzado muchas voces de descontento, que en resumidas cuentas vienen a mostrar la falta de adaptación de los currículos y de la investigación informática académica a la realidad social. Como respuesta

de los acusados e interesados en el tema, se han elaborado algunos argumentos que, en síntesis, vienen a proponer una reconversión -confusa, pero reconversión a la postre- del sistema educativo e investigador en el ámbito académico al nuevo entorno. El asunto está sembrado de dificultades, porque se trata crudamente de cambiar una ecología mental muy sólida y estabilizada. Y no debemos olvidar que debajo de una ecología mental se agazapa un sustrato emocional (Maturana, 1991), (Sáez Vacas, 1992).

Criterios para construcción o reconversión de currículos

Tal vez el modelo del universo expansivo pueda cooperar también a fijar unos principios constructivos, para lo cual debe dotársele de unos criterios de ordenación de las capas educativas (currículos). Los llamamos **axioma de transferencia instrumental**, **principio débil de funcionalidad** y **axioma del hábitat**.

Las capas disciplinares han de construirse tomando los elementos pertinentes de las capas interiores, pero conformadas a sus específicas finalidades (transferencia instrumental) y orientándose y completándose por los servicios necesarios (funcionalidad débil) a ciertas capas exteriores. El énfasis del diseño arquitectónico de la capa, que establece la identidad disciplinar y la vocación y cultura de sus practicantes, se hará en correspondencia con su finalidad radical (axioma del hábitat). Un ejemplo incompleto de este proceder constructivo aplicado al diseño de un currículo de Telemática puede encontrarse en (Sáez Vacas, León, González, 1992).

La situación actual, vista desde la óptica del modelo propuesto

El análisis del texto Computing Curricula 1991, Report ACM/IEEE-CS Joint Curriculum Task Force y de otros textos de ciertos autores que, como se dijo anteriormente, se han ocupado de elaborar argumentos para enfrentar la crisis (damos por supuesto que la hay), nos suministra algunos comentarios sobre la situación actual con respecto a la cuestión planteada, tomando como referencia el modelo expuesto.

El currículo de ACM (así denominado en adelante, para simplificar, aunque sabemos que son sólo recomendaciones curriculares) pasa por ser la expresión institucional de la profesión informática en USA. En él se dice que el término "computing" se usa para cubrir las etiquetas "computer science", "computer science and engineering", "informatics" y otras denominaciones académicas. Analizado a fondo el informe, nos parece que sólo diseña un plan de contenidos y orientaciones diversas ("tracks", compuestos mediante el procedimiento de añadir a los Requisitos Comunes ciertas asignaturas técnicas optativas) de una capa en exclusiva, la que aquí se ha llamado Ciencia y/o Ingeniería de Computadores. Ni siquiera, y a pesar del nombre, se

ocupa de la Ciencia de la Computación, rama eminentemente teórica y abstracta.

El currículo no plantea vinculación alguna con dominios de aplicación, aunque es verdad que incorpora en los Requisitos Comunes las áreas de "Artificial Intelligence & Robotics", "Human-Computer Communications", y "Social, Ethical, and Professional Issues", propuesta que, por referencia a nuestro modelo, podría tomarse por la aplicación (discutible) de un principio de funcionalidad fuerte.

Como primera aproximación, sería aceptable que a partir del Currículo de ACM se diseñasen currículos diversos de la capa de las Disciplinas fuertemente orientadas al Computador o a la Computación, a condición de que los Requisitos Comunes no fueran considerados únicos e intocables, pero como ésta es precisamente una propiedad esencial del Currículo de ACM, tenemos que descartar tal posibilidad. Siguiendo nuestro axioma de transferencia instrumental, lo pertinente para construir currículos en la tercera y cuarta capas sería seleccionar y adaptar un subconjunto adecuado (en todo caso, cada vez más reducido a medida que nos movemos hacia el exterior del diagrama) de los Requisitos Comunes y otros temas informáticos adecuados.

En definitiva, si se toma el Currículo de ACM como la base para definir currículos en los ámbitos del universo informático se institucionalizará inadvertidamente la brecha epistemológica, en cuyo caso poco pueden hacer las críticas, algunas de ellas también confusas, que extractamos en los cuadros adjuntos.

Peter Denning, Computing, Applications, and Computational Sciences, C.A.C.M., Oct. 1991:

Why Computer Scientists Should Embrace Applications and Computational Science:

(...) We say that computer scientists, who are at the heart of the computing profession, must therefore embrace all applications, including commercial applications and computational science. If computer scientists do not do this, business people and physical scientists will turn elsewhere for the help they need. We hardly need point out that, in this case, computer scientists would effectively isolate themselves from the computing profession. (...)

Peter Denning, Designing new principles to sustain research in our universities, C.A.C.M., Jul. 1993:

It emerges a new vision for the role of a department of computing in a university: A partner with other organizations in the transformation of new knowledge into curricula that can be embodied in action by graduates and taken back into the community in which the partners live.

Rob Kling, Organizational Informatics Within the Future of Computer Science, version preliminar del artículo en C.A.C.M., Feb. 1993:

(...) In the US, Computer Science academic programs award about 40000 BS and almost 10000 MS degrees annually. Many of these students enter PhD programs or work on projects which emphasize mathematical Computer Science. Many of these graduates take computing jobs for which they are inadequately educated, such as helping to develop high performance computing applications to improve the performance of organizations. (...)

Traditional computer scientists commonly refer to mathematics as the theoretical foundations of CS. However mathematical formulations can give us only very limited insights into understanding why and when some computer systems are more usable than others. (...)

In the last 20 years a substantial body of scientific research in Organizational Informatics has developed. The best of the research in North America is conducted by faculty in the Information Systems departments in Business schools and by scattered social scientists. But Computer Scientists cannot effectively delegate the research and teaching of Organizational Informatics to Business Schools or social science departments. (...)

It is time for academic Computer Science to embrace Organizational Informatics as a key area of research and instruction.

Juris Hartmanis, Computing the Future, C.A.C.M., nov. 1992:

Both the intellectual focus of CS&E and the environment in which much of CS&E is embedded are today in the midst of significant change

The High Performance Computing and Communications Program, initiated in FY 1992, calls for CS&E research specifically in the context of solving "fundamental problem(s) in science and engineering, with potentially broad economic, political, and/or scientific impact, that could be advanced by applying high-performance computing resources".

New computing technology will have to be fitted to customer needs much more precisely, thus placing a premium on knowledge of the customer's application.

CS&E can be framed within the discipline's own intellectual traditions but also in a manner that is directly applicable to other problems domain.

It is imperative that undergraduate CS&E education reflect the best knowledge and insight that the field has to offer if computing is to reach its full potential within society.

The broadening of the field would serve the interests of society at large by coupling the formidable intellectual resources of academic CS&E more directly to the practice of computing.

If the community is to adapt to changing circumstances (...) senior researchers in the academic CS&E community must take the lead in promoting the cultural changes necessary for success in the new environment.

The federal government should initiate an effort to support interdisciplinary and applications-oriented CS&E research in academia...

"Nonroutine" applications are those that pose substantive and intellectually challenging problems and may be best solved by research collaborations with experts in the applications area

Charles Dunlop y Rob Kling, **Computerization and Controversy (Social Controversies about Computerization)**, Academic Press, 1991:

The education of hundreds of thousands of computer science students has been shaped by the computability perspective. (...) We believe that social analysis is an integral part of computer science and a critical skill for all computer specialists.

The recent ACM Task Force on the Core of Computer Science claims that all the analyses of computer science are mathematical. We find this view much too narrow-minded to be helpful, and in fact it does not withstand much scrutiny. The lines of inquiry where it might hold are those where mathematics can impart all the necessary analysis. But there are whole subfields of computer science - such as artificial intelligence, computer-human interaction, social impact studies, and parts of software - where mathematics can not impart all the necessary analysis. The social sciences provide a complementary theoretical base for studies of computing that examine or make assumptions about human behaviour.

Los textos recogidos piden una ampliación del campo educativo de los departamentos de Ciencia e Ingeniería de Computadores (CS & E), con la pretensión de que lo abarque todo, la Ciencia Computacional, la Informática Organizativa y hasta el análisis social. Según nuestra teoría de las capas y de la ecología mental, esto es inviable, pues se trata de áreas informáticas bien diferenciadas, que requieren tratamientos educativos también claramente diferenciados.

Algunas conclusiones y caminos

De lo que no parece caber duda es de que la construcción de las nuevas capas educativas que la penetración informática en la sociedad ha ido generando como necesidad debe partir de la realidad actual de los **departamentos de Computer Science** (en nuestro país, facultades de informática y escuelas de ingenieros), que, por un lado, **deberían reconvertirse**, y, por otra, **transferir recursos** a nuevos departamentos, bien en forma neta, bien en forma de **colaboración interdisciplinar**.

Esto último resulta muy evidente si lo pensamos en términos, por ejemplo, de crear un currículo de Ciencia Computacional, que habría que verlo como una especialidad preexistente necesitada de remodelación en función del nuevo lenguaje y de las herramientas y elementos de la tecnología informática. Tanto desde una perspectiva de educación como de investigación, éste es un trabajo que debería ser conducido por los especialistas de esa rama, pero que no es factible, al menos inicialmente, sin una colaboración importante de los especialistas de la capa de CS & E.

Naturalmente, la nueva situación social requiere que los currículos educativos ofrecidos por los departamentos de CS & E se reconviertan, en virtud del principio de funcionalidad débil, sin perder sus señas de identidad propias (axioma del hábitat). Proponemos: a) introducir algunas materias de

espectro multidisciplinar, como Teoría y Práctica de Sistemas Generales Complejos, a ser posible enfocadas sociotécnicamente; b) integrar en ciertas asignaturas técnicas temas relacionados con su aplicación real (economía, seguridad, ética, trabajo, etc.), en lugar de, como es la costumbre, o no incluirlos en el currículo, o hacerlo en forma aislada, como hace el Currículo de ACM, c) ofrecer algunas materias optativas significativas de las capas exteriores.

Otra posibilidad que merece ser tomada en cuenta es la de crear **currículos de tipo puente o intercapas**, dispuestos bajo un principio de diseño multicriterio o multicultura informática, cuya finalidad general sería la de ayudar a mejor salvar la brecha epistemológica.

El autor ha tenido recientemente la ocasión de poner en obra estas ideas en el diseño de un plan de estudios de Ingeniería Informática para la universidad privada Alfonso X el Sabio, cuyos detalles se describirán en otro artículo posterior. Entre otras decisiones de diseño se ha optado: a) por crear unos estudios bimodales, que desarrollan tanto la capa de Ciencia e Ingeniería de Computadores (con adecuado énfasis en Comunicaciones), como la capa de Disciplina Computacional según orientación de Informática Organizativa; b) por construir en los estudiantes el doble pensamiento algorítmico y sistémico; c) por dar una amplísima formación sociotécnica.

Para terminar, conviene señalar que la necesidad de cambio en las propuestas educativas no tiene exclusivamente razones técnicas. Podríamos resumir que el nuevo entorno que rodea a la CS & E académica emerge como consecuencia, entre otros factores, de la socialización de la informática producida por el ordenador personal y las redes. Ello ha traído consigo un proceso de desmitificación de la informática, cambios radicales originados por la maduración de los usuarios, y crisis en la industria informática.

La crisis económica ha hecho mella también, con el consiguiente miramiento en cuanto a la asignación de recursos. Es sabido que para el horizonte inmediato los fondos federales USA se van a distribuir dando mayor prioridad a la investigación aplicada y poniendo el énfasis más en la resolución de problemas que en el diseño general de nuevos instrumentos. En líneas generales, en Europa ocurre algo parecido. Un estudio sobre perfiles profesionales en tecnologías de la información, realizado dentro del Programa de la Iniciativa Comunitaria Euroform (European Association of Professional Training Institutes), no hace sino confirmarlo (Velázquez, Murcia, 1994).

Referencias bibliográficas

ACM/IEEE-CS Joint Task Force. *Computing Curricula 1991*, ACM Press and IEEE Computer Society Press, 1991.

Denning, P. et al. Computing as a Discipline, *Communications of the A.C.M.*, 32 (1), 9-23, ene. 1989.

- Denning, P. Computing, Applications, and Computational Science, *Communications of the A.C.M.*, 34 (10), 129-131, oct. 1991.
- Denning, P. Educating a New Engineer, draft 4, *La disciplina de la computación*, XV Taller de Ingeniería de Sistemas, SANTIAGO (Chile), 3 jun. 1992.
- Denning, P. Designing New Principles to Sustain Research in our Universities, *Communications of the A.C.M.*, 36 (7), 98-104, jul. 1993.
- Dijkstra, E. On the Cruelty of Really Teaching Computing Science, *Communications of the A.C.M.*, 32 (12), 1398-1414, dic. 1989.
- Dunlop, Ch., R. Kling, eds., *Computerization and Controversy* (Social Controversies about Computerization), Academic Press, 1991.
- Hartmanis, J. Computing the Future, *Communications of the A.C.M.*, 35 (11), 30-40, nov. 1992.
- Kling, R. Organizational Informatics within the Future of Computer Science (versión ampliada, enviada por correo electrónico el 22-12-1992, del artículo que con el título de Computing for our Future in a Social World aparecería en la sección Forum de *Communications of the A.C.M.*, 36 (2), 15-17, febr., 1993.
- Maturana, H. *Emociones y lenguaje en educación y política*, 4ª ed., Hachette/CED, Santiago (Chile), 1991.
- National Research Council. *Computing the Future* (A Broader Agenda for Computer Science and Engineering), National Academy Press, Washington, 1992.
- Parnas, D. Education for Computing Professionals, *IEEE Computer*, 23 (1), 17-22, ene. 1990.
- Sáez Vacas, F. Architectural Guidelines for the Curricula: 3 Layers, 3 New Dimensions, 2 Basic Orientations, Different Levels in the Topics, short paper en *International Workshop IFIP WG 3.2 on Informatics Curricula for the 90s*, Providence (R.I.) abril 1990.
- Sáez Vacas, F., G. León, J.C. González. Assessing the Usefulness of the ACM/IEEE-CS Computing Curricula for the Design of Computer-Related Engineering Curricula: an Experience in Telematics, Conferencia *Frontiers in the 90s*, Nashville, Tenn., nov. 1992.
- Sáez Vacas, F. Reflexiones sobre la necesidad y el modo de reajustar el modelo educativo vigente en informática superior, *Revista de Informática y Automática*, 25 (3,4), 51-64, dic. 1992.
- Velázquez, R., A. Murcia. Tendencias de los perfiles profesionales en tecnologías de la información, Fundesco, Madrid, 1994.